Lane Medical Library

Aus der Zahn- und Kieferstation der Universität zu Kiel
Leiter: Privatdozent Dr. Dr. A. Bichlmayr.



Resorptionen und Reparationen am Paradentium bei Regulierungen und ihre Auswertung für den praktischen Zahnarzt

INAUGURAL-DISSERTATION

zur Erlangung der Doktorwürde der Zahnheilkunde
einer Hohen Medizinischen Fakultät
der Christian-Albrechts-Universität zu Kiel

vorgelegt von

WERNER EGGERS
appr. Zahnarzt
aus Kiel

Kiel 1936

Nr. 7

Rektoratsjahr 1936/37

Referent: Dr. Dr. A. Bichlmayr

Korreferent: Prof. Dr. Siegmund

Zum Druck genehmigt: Prof. Dr. L ö h r , Dekan.

DRUCK: A. PREILIPPER, WERKE UND DISSERTATIONEN / HAMBURG 11

Wohl in keiner Disziplin der Zahnheilkunde oder der Medizin überhaupt, herrscht seit Jahren solch erbitterter literarischer Streit wie in der Orthodontie. In erster Linie handelt es sich um die Frage über das Auftreten von Resorptionen und deren Reparation, die dem Praktiker am meisten am Herzen liegt. Nur dann kann die Besserung der Bißverhältnisse als nützlich und die Volksgesundheit fördernd angesehen werden, wenn sie nicht auf Kosten der Gesundheit der einzelnen Zähne geschieht. Es ist ohne Zweifel, daß ein großer Teil der Fragen eine Lösung erfahren hat. Doch gibt es noch eine Menge Punkte, die sehr umstritten, bzw. die bis jetzt völlig ungelöst sind. Auch diese Arbeit soll dazu beitragen, Klarheit in die Frage der Resorptionen, und besonders deren Verhütung, zu bringen.

Viele Autoren, von Sandstedt bis zu den Vertretern der Wiener Schule Schwarz, Oppenheim, Gottlieb und andere, haben sich eingehend mit diesem wichtigen Problem beschäftigt. In ursächlichem Zusammenhang mit den Zahnresorptionen steht nach Ansicht fast aller Forscher eine Schädigung der Wurzelhaut, sei es durch mechanische, chemische oder bakterielle Einflüsse. Lediglich Gottlieb ist der Auffassung, daß das Primäre für die resorptive Tätigkeit des Periodontiums ein in seiner „Vitalität herabgesetztes Zement" sei. Er sagt: „Die Qualität des anliegenden Bindegewebes spielt wohl kaum eine Rolle, da dieses wohl immer knochenbildungsfähig ist, sondern lediglich der Zustand der Wurzeloberfläche." Es ist jedoch unwahrscheinlich, daß allein das Zement auf irgendwelche Schäden reagieren sollte, ohne daß das Organ, das für seine Bildung verantwortlich ist, die Wurzelhaut, davon betroffen würde. Die beiden Gewebe stehen in engster Verbindung miteinander, wie es Praeger in folgendem Satz ausdrückt: „Das Zement ist lediglich das geformte Sekret der Wurzelhaut, die Zementoblasten sind für das, was das Zement mechanisch für die Festigkeit des Zahnes leistet, nebensächlich; dagegen sind es die Zellen der Wurzelhaut, die die lebendige Reaktion des Zements veranlassen. Nicht das Haus ist tätig, sondern der Baumeister, der es baut." Die letzte Ursache für die Zementresorptionen liegt für Euler ebenfalls in den Vitalitätsschwankungen des Zements, doch ist für ihn die Wurzelhaut Ausgangspunkt jeglicher Apposition wir auch Resorption. „An- und Abbau am Zement sind auf mechanisch-funktionelle oder entzündliche Reize auf die Wurzelhaut zurückzuführen." Der Abbau kommt dadurch zustande, daß der Stoffwechsel des Zements auf dem Wege über das Periodontium gestört wird, und daß im so veränderten Zement der Reiz für die resorptive Tätigkeit der Wurzelhaut liegt. Als Stoffwechselstörung, die für die Vitalitätsschwankungen des Zements verantwortlich gemacht werden können, kommen „fettige Degenerationen und Nekrose der Zementzellen in Betracht." (Euler.)

Nach Siegmund-Weber spielt das Vorhandensein von „abbaufähigen Gewebskomplexen“ die ausschlaggebende Rolle für das Auftreten von Resorptionen. „Die Resorptionen haben ihren Grund in physikalisch-chemischen Vorgängen, im Auftreten bestimmter fermentativer Abbauvorgänge, die lösend auf den Parablasten wirken, und deren Produkte für die Ausbildung spezifischer osteoklastischer Resorptionszellen verantwortlich zu machen sind.“ „Ruhende Bindegewebszellen“, besonders im Bereich von Saft- und Gefäßbahnen, werden aktiviert und in Riesenzellen umgebildet. Die allgemeine Stoffwechselstörung hat eine Störung des Zements über die Wurzelhaut zufolge, das jetzt einen resorptiven Reiz auf die Wurzelhaut ausübt. Die Resorptionsvorgänge bezeichnet Siegmund als „resorptive Entzündung“. „Alle die histologisch faßbaren Veränderungen liegen nun, . . ., in der Richtung derjenigen Reaktionen des Gefäßbindegewebsapparats, die wir Entzündung nennen. Insofern sind alle Resorptionsvorgänge einheitlich als resorptive Entzündungen zu bezeichnen.“

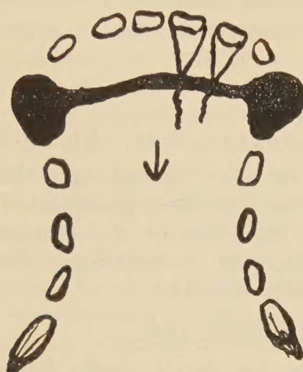
Den Ansichten der obengenannten Forscher schließen sich andere wie Schwarz, Fischer, Häupl usw. an. Letzterer sieht die tiefere Ursache in der Erhöhung des Blut- und Gewebedrucks, die zur Schädigung der Fibrillenbündel und zur Ausbildung einer Art Granulationsgewebe führt, das dann Knochen und Zement annagt. Alle fassen die Stoffwechselstörung der Wurzelhaut, neben der dann eine Vitalitätsschwankung des Zements einhergeht, als das Primäre auf. Die Schädigung der Wurzelhaut darf nach Ansicht der Autoren Gottlieb, Oppenheim jedoch nicht so weit gehen, daß durch äußere Einflüsse eine Quetschung oder Nekrose des Periodontiums herbeigeführt wird. In diesem Fall werden keine Zementoklasten gebildet und die Reaktion, d. h. Resorptionen, bleibt aus. Von den noch erhaltenen Nachbarbezirken setzt eine „Rückenresorption“ ein, die die Beseitigung der beschädigten Gewebe zum Ziele hat und ebenfalls die sekundär geschädigte Zahnoberfläche angreift. Sie schlägt erst wieder in Apposition um, wenn die geschädigten Gewebspartien beseitigt sind und der Periodontalraum seine normale Breite wieder erlangt hat.

An Hand einer Reihe von Präparaten, die mir Herr Privatdozent Dr. Bichlmayr freundlicherweise überlassen hat, habe ich mich mit den Resorptionen und ihren Ursachen bei orthodontischen Maßnahmen beschäftigt. Die Präparate stammen aus einer Reihe von Schnitten, die Herr Dr. Bichlmayr aus 11 Hundeversuchen gewonnen hat. Es wurden orthodontische Apparate mit schwachen intermittierenden Schraubenkräften angewandt, bei welchen die Schraube nur 0,2 bis 0,25 mm täglich bewegt wurde und orthodontische Bewegungen von Stunden, Tagen und Wochen ausgeführt wurden.

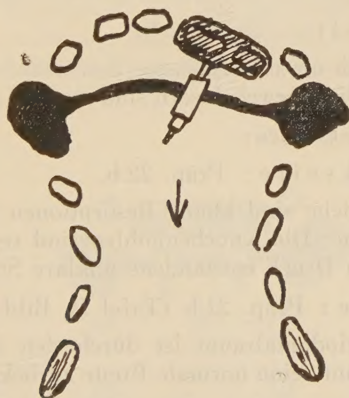
Bevor ich auf die nähere Versuchsanordnung und Beschreibung der Präparate eingehe, sei es mir gestattet, des leichteren Verständnisses wegen, eine kurze anatomische Beschreibung des Hundekiefers zu geben. Der erwachsene Hund verfügt in jeder Kieferhälfte über drei Schneidezähne, über einen Eckzahn, 4 Prämolaren und im Unterkiefer über 3, im Oberkiefer über 2 Molaren. Die stärksten Zähne des Gebisses sind im Unterkiefer der 1. Molar und im Oberkiefer der 4. Prämolar, die ihrer Mächtigkeit und Schärfe wegen als Reißzähne bezeichnet werden.

PROTOKOLL DER HUNDEVERSUCHE.

Hund 1.



Das Tier war 11,5 Monate alt. Am 28. 9. wurden die beiden Eckzähne mit einem Transversalbügel, an dem die ersten beiden linken oberen Schneidezähne durch Drahtligaturen befestigt waren, verbunden. Es wurde versucht, die beiden Schneidezähne palatinalwärts zu ziehen. Die Incisivi wurden vom 1. 10. bis 6. 10. durch Drahtschlingen nach palatinal bewegt. Die Ligaturen wurden jeden Tag nachgezogen. Vom 7. bis 19. 10. wurde die Behandlung unterbrochen. Am 19. 10. wurde folgender Apparat eingesetzt:



Die überkronten Eckzähne wurden durch einen Transversalbügel verbunden. Die beiden nach oralwärts gezogenen Schneidezähne wurden ebenfalls mit Kronen versehen und durch einen Stift mit Schraubengewinde und Mutter so mit dem Bügel verbunden, daß durch Anziehen der Muttern beide Schneidezähne nach oralwärts gezogen werden. Vom 20. 10. bis 5. 11. wurden sie um 0,25 mm täglich bewegt. Eine Dreiviertel-Drehung der

Mutter macht 0,25 mm in der Bewegung des Zahnes aus. Vom 5. 11. bis 4. 12. wurden die Zähne in Ruhestellung gelassen. Am 4. 12. wurde der Hund durch Strychnin getötet. Die beiden Schneidezähne wurden also zunächst 6 Tage palatinalwärts bewegt. Es folgte eine Ruhepause von 12 Tagen. Darauf wurden die Schneidezähne wiederum 16 Tage täglich um 0,25 mm nach oral bewegt und in dieser neuen Stellung vier Wochen retiniert.

1. Schneidezahn links oben:

Marginale Druckseite: Präp. 14 b.

Die Zahnoberfläche ist ohne Veränderung. Die Resorptionshöhlen am Knochen sind repariert, die alte Resorptionslinie ist deutlich zu erkennen. Auf der Rückseite sind die während der Druckeinwirkung entstandenen osteophytischen Auflagerungen festzustellen. Der Periodontalraum hat seine normale Breite wieder erreicht.

Apikale Zugseite: Präp. 14 b.

Die Zementoberfläche ist durch große Auflagerungen kolbenförmig verdickt: Ein dichter Zementoblastensaum und eine Schicht unverkalkten Gewebes beweisen, daß der Prozeß noch nicht zum Stillstand gekommen ist. Am Knochen findet man an der Innencorticalis Anbau und entsprechend dazu an der Außenseite Abbau von Knochen. Der Periodontalraum ist stark erweitert. Die Fasern der Wurzelhaut verlaufen in der Zugrichtung.

Apikale Druckseite: Präp. 14 b (Tafel I, Bild 1 und 2).

Kleine Resorptionen an der Zahnoberfläche sind z. T. repariert. Die normale Linie ist bald erreicht. Am Knochen ist die alte Resorptionslinie deutlich zu sehen. Die Höhlen sind von neuem Gewebe ausgefüllt.

Marginale Zugseite: Präp. 14 b.

Am Zahn findet sich etwas vermehrter Zementanbau. Der Periodontalraum ist erweitert. Die Bindegewebsfasern sind in der Zugrichtung orientiert.

Zweiter Schneidezahn links oben:

Marginale Druckseite: Präp. 22 b.

An der Zahnoberfläche sind kleine Resorptionen festzustellen, die bereits ausgebessert werden. Die Knochenhöhlen sind repariert. Die Wurzelhaut hat noch die durch Druck entstandene unklare Struktur.

Apikale Zugseite: Präp. 21 b (Tafel II, Bild 3).

Der erweiterte Periodontalraum ist durch den starken Zement- und Knochenanbau fast bis auf seine normale Breite zurückgeführt worden.

Apikale Druckseite: Präp. 23 b (Tafel III, Bild 5 und 6).

Dieses Bild ist durch große Zahn- und Knochenresorptionen, die sich spiegelbildlich gegenüberliegen und an Größe entsprechen, charakterisiert. Der Periodontalraum nimmt von marginal- und apikalwärts so stark an Breite ab, daß nur ein ganz schmaler Spalt noch Zahn und Knochen voneinander trennt. Die gegen den Apex hin fortschreitende Rückenresorption des Knochens ist noch nicht tief genug gelangt und hat somit noch nicht

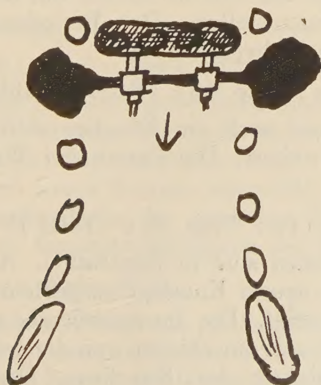
eine allgemeine Verbreiterung des Periodontalraums an den betreffenden Stellen herbeiführen können. An den erweiterten Partien findet man bereits eine Ablagerung zementoiden Gewebes (Präp. 21 b, Tafel II, Bild 4). An den engsten Bezirken ist die Wurzelhaut vollständig zerquetscht und aufgelöst. Die an diesen Stellen trotzdem gefundenen Resorptionen und reparatorischen Anlagerungen scheinen in einem Widerspruch zu den oben aufgeführten Theorien verschiedener Autoren zu stehen, die für Resorptionen und Reparationen eine gesunde Wurzelhaut zur Bedingung machen. Die Tatsache ließe sich jedoch folgendermaßen erklären: Während der Behandlungszeit sind die Zahn- und Knochenresorptionen aufgetreten, in die mit beginnender Retentionszeit zementoides Gewebe eingelagert worden ist, das man in Präp. 23 b als schmalen hellen Saum erkennen kann. Durch eine starke Belastung, die während der Retentionszeit stattgefunden haben muß, ist der Wurzelhautraum plötzlich so stark verengert worden, daß die Wurzelhaut zerrieben wurde. Es ist natürlich, daß der Reparationsprozeß mit diesem Augenblick unterbrochen wurde, da er, wie eben dargestellt worden ist, von einer gesunden Wurzelhaut abhängig ist.

Marginale Zugseite: Präp. 23 a.

Der an der Innencorticalis angebaute neue Knochen zeigt Faserstruktur. Die Zahnoberfläche ist ohne Befund. Die Fasern der Wurzelhaut verlaufen in der Zugrichtung.

Hund 3.

Das Tier war 2 Jahre alt. In den Oberkiefer wurde folgender Apparat eingesetzt. Die beiden Eckzähne und 4 Schneidezähne sind überkront. An den Eckzähnen ist ein Innenbogen mit zwei Röhrchen befestigt. Die Röhrchen verbinden den Innenbogen mit den Schneidezahnkappen. Durch Anziehen der Muttern werden die Schneidezähne nach oral gezogen, und zwar wurden die Muttern 6 Wochen lang täglich zweimal angezogen und darauf die Zähne 4 Wochen retiniert.



1. Schneidezahn oben links.

Marginale Druckseite: Präp. 63.

Man sieht größere Resorptionslakunen am Zahn, die weit ins Dentin hineingehen. Ein Zementoblastensaum zeugt von einem Anbau des Zahngewebes, das durch einen helleren, noch unverkalkten Saum gekennzeichnet wird. Die durch die wirkende Kraft entstandenen Knochenhöhlen sind bereits repariert, und die Knochenfläche ist schon so weit wieder hergestellt, daß sie dem durch die Resorptionen ausgezackten Zahn parallel läuft. Der Periodontalraum ist normal breit. Die Wurzelhaut zeigt noch eine leichte Erweiterung der Gefäße.

Apikale Zugseite: Präp. 63c.

Am Zahn findet man eine starke Zementauflagerung von faseriger Struktur. Am Knochen geht ebenfalls Anbau vor. Der Periodontalraum ist stark erweitert. Die Fasern der Wurzelhaut sind verdickt.

Apikale Druckseite: Präp. 63a.

Mehrere Resorptionshöhlen am Zahn sind in Reparation begriffen. Der gegenüberliegende Alveolarknochen ist fast in seiner ganzen Dicke durchresorbiert. Auf der Außenseite ist keine Osteophytenbildung zu bemerken, was auf den schnell fortschreitenden Prozeß zurückgeführt werden könnte. Der Periodontalraum ist trotz der gewaltigen Knochenresorption noch verschmälert, Die Gefäße sind erweitert.

Marginale Zugseite: Präp. 63b.

Am Zahn kann man eine deutliche Zementapposition feststellen. Der Alveolarknochen wird an der Innencorticalis angebaut, während auf der Außenseite und den dem Zahn abgewandten Wänden der Spongiosamaschen Resorption erfolgt.

Der zweite Schneidezahn links oben.

Marginale Druckseite: Präp. 65c (Tafel IV, Bild 7).

Man sieht große Knochenhöhlen, die zum Teil schon wieder repariert sind. Auf der Außenseite der Alveole Anbau von Knochen. Am Zahn sind keine Veränderungen festzustellen. Der Periodontalraum ist enger als normal. Die Wurzelhaut ist hyperämisch.

Apikale Zugseite: Präp. 65c (Tafel IV, Bild 9).

Sowohl am Zahn wie auch am Knochen starker Gewebsanbau. Der Periodontalraum ist erweitert. Die Fasern der Wurzelhaut sind verdickt und auf Zug orientiert.

Apikale Druckseite: Präp. 65c (Tafel IV, Bild 10).

Die Zementresorptionen sind in Reparation. Auf der Gegenseite sind die Knochenhöhlen von neuem Knochen ausgekleidet, der allerdings noch keine Lamellenstruktur zeigt. Die Innencorticalis springt gegen die noch lakunäre Zahnoberfläche vor, ein Zeichen von der leichteren Ergänzung und besseren Anpassungsfähigkeit des Knochens. Der Periodontalraum ist normal breit.

Marginale Zugseite: Präp. 65 c (Tafel IV, Bild 8).

Am Zahn sind keine Auflagerungen zu bemerken. Der gegenüberliegende Knochen zeigt starke Neubildung, die sich bis zur Wurzelmitte apikalwärts zieht. Die Wurzelhaut ist auf Zug orientiert und ihre Fasern sind verdickt.

1. Schneidezahn rechts oben.

Marginale Druckseite: Präp. 59 a.

Das Bild zeigt starke Resorptionen am Zahn, die in Reparation begriffen sind. Die tiefen Resorptionshöhlen des Knochens, die auch in diesem Fall diejenigen des Zahnes weit übertreffen, sind bereits wieder mit Knochengewebe ausgefüllt. Es hebt sich durch seinen noch unklaren faserigen Aufbau vom alten Lamellenknochen ab. Der Periodontalraum zeigt keine Veränderungen.

Apikale Zugseite: Präp. 59 a.

Sowohl am Zahn als auch am Knochen findet man starken Gewebsanbau. Das neugebildete Zement unterscheidet sich von dem der marginalen Druckseite desselben Zahnes dadurch, daß es mehr Zementkörperchen enthält. Der Periodontalraum ist schwach erweitert, und die Wurzelhaut kaum auf Druck orientiert.

Apikale Druckseite: Präp. 59 b und c.

Am Zahn finden wir keine Veränderungen. Die Oberfläche ist intakt. Der Alveolarknochen ist in seiner ganzen Dicke durchresorbiert. An der Außenseite ist keine Knochenneubildung festzustellen. Der Wurzelhautraum ist noch stark verschmälert.

Marginale Zugseite: Präp. 59 b und c.

Der neugebildete Knochen zieht sich in großer Mächtigkeit bis zur Wurzelmitte apikalwärts. Die Spitze der Alveole wird durch neuen Knochen dargestellt. Am Zahn sind keine wesentlichen Anbauvorgänge festzustellen. Meines Erachtens handelt es sich um eine Anlagerung, die sich in physiologischen Grenzen hält. Die Breite des Periodontalraumes ist normal.

2. Schneidezahn rechts oben.

Marginale Druckseite: Präp. 60 b.

Am Zahn finden sich größere Resorptionshöhlen, die in Reparation begriffen sind. Daß dieser Vorgang noch nicht abgeschlossen ist, beweist der vor den Lakunen liegende Zementoblastensaum. Am Knochen sind die Resorptionslakunen durch neues Gewebe ausgefüllt. Auch in diesem Präparat läuft die Knochenoberfläche der gezackten Zahnoberfläche parallel, als Zeugnis der größeren Anpassungsfähigkeit des Knochens.

Apikale Zugseite: Präp. 60 b.

Am Zahn und Knochen Anbau von neuem Gewebe, auf der Rückseite der Alveole bemerkt man entsprechenden Abbau. Der Periodontalraum ist stark erweitert, und die Fasern der Wurzelhaut sind in der Zugrichtung orientiert.

Apikale Druckseite: Präp. 60 c.

Die Zahnoberfläche ist unverändert. Am Knochen ist Abbau festzustellen. Eine gegen den Zahn vorspringende Knochenspitze wird durch Rückenresorption entfernt. Der Periodontalraum ist verschmälert, die Wurzelhaut ist hyperämisch.

Marginale Zugseite: Präp. 60 c.

Am Zahn sind keine Veränderungen festzustellen. Der Knochen bietet das schon wiederholt beschriebene Bild. Die Wurzelhautfasern sind etwas verdickt.

Hund 5.

Es handelt sich um ein 1½ Jahre altes, 50 cm hohes Tier von kräftigem Körperbau. Es hatte ein gutes, vollständiges Gebiß. Am 15. 3. wurden im Oberkiefer die beiden Eckzähne und die beiden ersten Schneidezähne rechts oben überkront. Ein Innenbogen, an den ein Röhrchen gelötet ist, verbindet die beiden Eckzähne. Eine Schraube mit Mutter, die in das Röhrchen führt, ist an den Schneidezahnkappen befestigt. Durch diese Apparatur wurden die Schneidezähne nach vestibular bewegt. Der mittlere Schneidezahn wurde während des Versuches um etwa 1 mm, der rechte seitliche Schneidezahn um ca. 1,5 mm bewegt. Die Bewegung der Zähne dauerte im ganzen 4,5 Wochen. Darauf wurde 3½ Wochen retiniert.

1. Schneidezahn rechts oben (Präp. 1 a, Tafel VI, Bild 12).

Marginale Druckseite.

Die Zahnoberfläche ist ohne Veränderung. Während der Retentionszeit ist es zum Anbau von neuen Knochengeweben gekommen, so daß die normale Breite des Periodontalraumes wieder hergestellt ist; auf der dem Zahn abgekehrten Knochenseite ist Anbau zu verzeichnen. Der Befund der Wurzelhaut ist normal.

Apikale Zugseite (Tafel VI, Bild 14):

Sowohl am Zahn, als auch an der Innencortikalis findet sich vermehrter Gewebsanbau. Der Periodontalraum ist verbreitert.

Apikale Druckseite (Tafel VI, Bild 15):

Auch hier ist die Zementoberfläche unbeschädigt. Die starken Knochenresorptionen sind repariert. Lediglich eine Hyperämie der Wurzelhaut an dieser Stelle gestattet die Bezeichnung Druckseite.

Marginale Zugseite (Tafel VI, Bild 13):

Der Bezirk ist ohne besonderen Befund.

2. Schneidezahn rechts oben: Präp. 6 a (Tafel VII, Bild 16—19).

Der mikroskopische Befund verbietet eine Unterscheidung in die jeweiligen Zug- und Druckseiten. Meines Erachtens handelt es sich bei dieser Zahnbewegung um eine „Bodily Bewegung“, d. h. der Zahn wurde nicht, wie es häufig geschieht, um eine Achse gekippt, sondern parallel zu seiner Längsachse verschoben. Die orale Seite des Periodontalraumes ist allge-

mein verbreitert, und die Wurzelhautfasern der ganzen Seite sind auf Zug orientiert. Das Ende des neuangebauten Zementes liegt ungefähr an der Grenze zwischen marginalem und mittlerem Drittel der Wurzel. An der Alveolarinnenwand ist in ihrer ganzen Höhe Knochen angebaut. Durch seine dunkle, scharfe Begrenzung hebt sich der alte vom neugebildeten Knochen ab. An der vestibularen Seite finden wir den Periodontalraum schmäler als normal. Die starke Hyperämie der Wurzelhaut ist ein Beweis für die Richtigkeit der obigen Anschauung. Der Alveolarknochen war in seiner ganzen Höhe resorbiert, wie die alte Resorptionslinie beweist. Die Knochenhöhlen sind während der Retentionszeit repariert worden. Am Zahn findet man im oberen Wurzeldrittel, über der Alveolarspitze gelegen, eine in Reparation begriffene Resorptionslakune.

Die an den Zähnen der Versuchshunde 1 und 3 festgestellten Resorptionen könnte man sich folgendermaßen entstanden denken. Die Pausen, die zwischen jeder Aktivierung der Apparate lagen, haben offenbar für die Wurzelhaut nicht genügt, den Verengerungen des Periodontalraumes durch Knochenabbau zu begegnen. Es ist im Gegenteil zu einer Anhäufung der Bewegungen gekommen; die Wurzelhaut wurde gedrückt und durch den steigenden Gewebsdruck anämisiert. Die Folge davon war, daß der Stoffwechsel an den entsprechenden Partien der Zahnoberfläche gestört und das Zement somit zu einem „abbaureifen Gewebe" wurde. Wie Präparat 23 b zeigt, stieg die Kraft so weit an, daß an der apikalen Druckseite große flächenhafte Resorptionen entstehen konnten. In keinem der Präparate, mit Ausnahme von 21 und 24 b, kann man noch eine Veränderung der Wurzelhaut feststellen. Während der Retentionszeit, die sich den aktiven Bewegungen anschloß, ist alles geschädigte Gewebe resorbiert und ein normaler Periodontalraum geschaffen worden. Allein die noch teilweise bestehende Hyperämie der Wurzelhaut und die noch nicht vollständig reparierten Zementresorptionen zeugen noch von den Prozessen, die sich abgespielt haben. Eine Ausnahme bildet, wie gesagt, die apikale Druckseite aus den Präparaten 21 und 23. Bei der Beschreibung der Präparate habe ich bereits eine Erklärung für diese Tatsache zu geben versucht. In starkem Gegensatz zu den Befunden dieser Versuche stehen die Ergebnisse aus dem Versuch 5. Hierbei wurden die Zähne in einer 4,5 Wochen dauernden Behandlungszeit nur um 1 bzw. 1,5 mm bewegt, entgegen den Hunden 1 und 3, bei denen die Schneidezähne in 3 bzw. 6 Wochen um rund 4 mm von ihrem alten Platz verrückt wurden. Es ist augenscheinlich, daß die bei Versuch 5 angewandten Kräfte wesentlich schwächer als die bei 1 und 3 angewandten waren, was zur Folge hatte, daß bei Hund 5 lediglich Knochen-, aber keine Zahnresorptionen aufgetreten sind.

Es ist das Verdienst Schwarz', eine nähere Bezeichnung der anzuwendenden Kräfte gegeben zu haben; dieser Forscher unterscheidet zwischen 4 biologischen Wirkungsgraden:

1. Die Kraft ist kurz und schwach, und die Bewegung des Zahnes dadurch so gering, daß keine nennenswerte Kompression des Weichgewebes und keine Umbauvorgänge an den Hartsubstanzen zustande kommen.
2. Eine mittlere Kraft dauert längere Zeit an. Der Zahn wird disloziert. Durch eine mittelstarke Kompression des Weichgewebes an bestimmten

Stellen wird eine reaktive Resorption des Knochens hervorgerufen. Auf der Zugseite erfolgt Anbau.

3. Eine stärkere Kraft dauert längere Zeit an. Die starke Kompression des Weichgewebes führt zu einer heftigen, wahllosen Resorption an Zahn und Knochen. In der Wurzelhaut können schon Nekrosen auftreten.

4. Es erfolgt eine so starke Kompression des Weichgewebes, daß keine reaktiven Lebensvorgänge mehr vorhanden sind. Zahn und Knochen berühren sich.

Der wertvollste aller 4 ist der 2. biologische Wirkungsgrad, dessen Einhaltung das Ziel aller Praktiker sein sollte. Die Ergebnisse des 5. Hundeversuches erfüllen die Forderungen des zweiten Grades und gestatten den Schluß, daß die in der Orthodontie angewandten Kräfte schwache, intermittierende mit kleineren Pausen sein müßten, damit die Wurzelhaut Gelegenheit findet, die Verengerungen des Periodontalraumes durch Knochenresorption auszugleichen.

Bei den meisten Zahnresorptionen kann man beobachten, daß größere, die sich bis ins Dentin hinein erstrecken, den Zahn unterminierend aushöhlen. Einige Autoren nehmen an, daß die geringe Widerstandskraft des Dentins den Resorptionen gegenüber auf ihren „unterschiedlichen Bau und ihre verschiedene chemische Zusammensetzung“ zurückzuführen wäre. Ich möchte mich der Ansicht Gottliebs anschließen, der diese Tatsache mit dem Alter der Gewebe zu erklären sucht. Durch seine Hundeversuche kam er zu dem Ergebnis, daß ältere Gewebe den Resorptionen leichter anheimfallen als jüngere, die unter gleichen Verhältnissen oft völlig verschont bleiben. Die an das Zement grenzenden Dentinschichten sind die ältesten des Zahnes. In ihnen breiten sich Resorptionen sehr schnell aus, so daß der Abbau der Zementdecke nicht Schritt halten kann. Nach der Meinung Gottliebs gehen Resorptionen auch dann noch weiter, wenn der Reiz aufgehört hat, und kommen erst zum Stillstand, wenn sie auf junges Dentin treffen.

In untrennbarem Zusammenhang mit den Resorptionen stehen die Reparationen der Lakunen. Die beiden Erscheinungen unterscheiden sich nur „gradweise“ (Siegmund) voneinander, denn für beide sind Stoffwechselvorgänge maßgeblich. Hinzu kommt das Bestreben des Organismus, entstandene Schäden zu beseitigen. Die Zementoblasten, die die Anlagerung besorgen, sind spindelige, ein- oder mehrkernige Zellen mit viel Protoplasma, „die sich in keiner Weise von den Zementoblasten unterscheiden“ (Zilkens). Sie lagern eine protoplasmatische Grundsubstanz ab, die in zahlreichen Präparaten als heller Saum erkennbar ist. Darin werden von der Gewebsflüssigkeit Kalksalze ausgeschieden. Die Zahnresorptionen können „erstens durch Knochen, ihn findet man aber nur bei sehr stark resorbierten Zähnen (Siegmund), oder durch sekundäres Zement ausgebessert werden.“ Bei letzterem unterscheidet man „solches mit vielen Zementkörperchen, die sich allmählich zurückbilden und weniger zahlreich werden, und solches ohne Zementkörperchen, sogenanntes „lamellöses Zement“ (Münch). Bei dem bereits in Resorptionen angelagerten zementoiden Geweben fand ich keine oder nur wenige Zementkörperchen (Präparat 6 a, 14 b und 21 b). Das an den Zugseiten neugebildete Zement ent-

hielt regelmäßig reichlich Zementkörperchen (Präparat 65 c und 21 b) und kann dadurch von dem reparatorisch angelagerten Gewebe unterschieden werden.

In der Mehrzahl der Präparate ist eine größere Ausdehnung der Resorptionen am Knochen als am Zahn zu beobachten. Wie aus den Präparaten 1 a und 6 a zu entnehmen ist, ist der Zahn im Gegensatz zur Alveole gänzlich verschont geblieben, trotzdem für beide Gewebe die gleichen Verhältnisse herrschten. Grundsätzlich verläuft der Abbauprozeß an Zahn und Knochen in gleicher Weise. Er erfolgt durch Osteoclasten. Die Tatsache, daß der Knochenabbau in größerem Umfange als die Zahnresorption vor sich geht, wie auch der Knochen früher von Resorptionen als der Zahn befallen wird, läßt auf eine größere Widerstandskraft des Zahnes schließen. Es besteht die Möglichkeit, daß dieser Widerstand auf die größere Härte und Festigkeit des Zahnes zurückzuführen ist, der sich in seinem Aufbau von dem des Knochens wesentlich durch das Fehlen der Haverschen Kanäle unterscheidet.

Andererseits kann man die Feststellung machen, daß die Resorptionen am Knochen während der Retentionszeit ausgebessert worden sind, während die kleineren Zahnschäden erst im Anfang ihrer Reparation stehen. Die Regeneration des Knochens erfolgt sogar so rasch, daß die neue Knochenoberfläche der an den Resorptionen noch zackigen Zahnoberfläche parallel läuft (Präparat 60 und 65 c). Man könnte daraus folgern, daß der Knochen wandlungsfähiger ist, d. h. sich neueren Verhältnissen besser anpaßt, und schneller reparationsfähig ist als der Zahn.

Die Untersuchungen haben gezeigt, daß eine vierwöchige Retentionszeit an sich ausreichen würde, um die in jedem Fall aufgetretenen Knochenresorptionen zu beseitigen. Wenn die angewandten Kräfte jedoch so stark waren, daß sie zu Zahnschäden geführt haben, dann möchte ich sagen, daß zur Reparation dieser Resorptionen 4 Wochen nicht ausreichen. In allen Fällen fand sich, daß die Resorptionen erst bis zur Hälfte oder darunter ausgebessert waren, und daß es sich bei dem reparatorisch angelagerten Gewebe noch um unverkalktes zementoides handelte. Aus diesen Gründen wäre es angebracht, im allgemeinen eine Retentionszeit von 12 bis 15 Wochen anzuwenden.

Es scheint mir angebracht, an dieser Stelle auf die Ansichten Walkhoffs einzugehen, der die künstlichen Zahnbewegungen mit Hilfe seiner „Elastizitätstheorie“ zu erklären sucht. Durch die angewandte, in einer Richtung wirkende Kraft, sofern sie stark genug ist, die von Walkhoff als „Wurzelscheide“ bezeichnete Innencorticalis zu durchdringen und auf die Knochenblättchen überzugreifen, werden die „statischen Elementarteile“ des Knochens stärker beansprucht. Dadurch treten Spannungsdifferenzen im Knochen auf. Schon in seinem „Leitfaden“ von 1901 sagt der Autor: „Das Richten des Zahnes besteht in der Erzeugung einer Spannungsdifferenz zwischen den anliegenden Gewebsabschnitten des Kieferknochens, sein Festwachsen in einem Ausgleiche derselben.“ Der Ausgleich dieser Spannungen erfolgt durch Stoffwechsel, der in Walkhoffs Theorie eine große Rolle spielt. Walkhoff lehnt sich in dieser seiner Auffassung eng an die von Wolff und Roux geschaffenen Lehren an. In einem 1935 von dem Forscher erschienenen

Aufsatz betont er, daß seine oben dargestellte Theorie nur bei den in der „zeitlich mittleren Orthodontie“, wie Walkhoff den Zeitraum von 1877 bis 1911 bezeichnet, angewandten Kräften Geltung haben kann. Bei den in der von Schwarz begründeten modernen Orthodontie angewandten schwachen Kräften, die nach Walkhoff bereits von der Wurzelscheide aufgefangen werden, erfolgt nach seiner Ansicht an den Zugseiten Anbau und an den Druckseiten Abbau von Knochen. Die Auffassung, daß die künstlichen Veränderungen der Bißanomalien durch entsprechenden An- und Abbau von Knochengewebe zustandekommen, wurde schon im Jahre 1859 von dem Engländer Thomes vertreten und 1880 von Kingsley, 1911 von Oppenheim und 1931 von Schwarz und Gottlieb-Orban wiederholt. Letztere, sowie auch Bichlmayr, sind durch die Ergebnisse zahlreicher Hundeversuche zu dieser Ansicht geführt worden und haben sie histologisch belegt. Auch die Befunde über Resorptionen und Reparationen von Knochen und Zähnen der in dieser Arbeit angeführten Versuche decken sich meist mit denen der letztgenannten Autoren sowie mit denen des Kollegen Schaper, der seine mehr allgemein gehaltenen Untersuchungen an den mir ebenfalls zur Verfügung gestellten Präparaten durchgeführt hat. Hierbei möchte ich noch hinzufügen, daß die in den Versuchen 1 und 3 angewandten Kräfte so stark waren, daß sie teilweise große Zahnresorptionen verursachten.

Zur Frage der Lage der Zahnresorptionen ist folgendes zu sagen. Wie aus den Präparaten hervorgeht, sind die Zähne um eine Achse gekippt worden, die zwischen mittlerem und apikalem Wurzeldrittel liegt. Die Ansicht Oppenheims, der den Zahn als einarmigen Hebel mit dem Drehpunkt an der Wurzelspitze auffaßt, läßt sich nicht mehr aufrechterhalten. „Es ist selbstverständlich, daß die Resorptionen an der Alveolarwand eines orthodontisch bewegten Zahnes nicht in der Gegend der Kippachse, also der relativ ruhigsten Stelle des Periodontiums, sondern an der Stelle des größten Ausschlages der Zahnwurzel stattfinden“ (Schwarz). Das bedeutet also an den marginalen und apikalen Druckseiten. Meine Versuchsergebnisse decken sich in diesem Punkt mit denen Schwarz’, Gottliebs und anderer.

ZUSAMMENFASSUNG.

Die Befunde der in dieser Arbeit dargestellten Versuche zeigen, daß die hierbei entstandenen Resorptionen durch eine gesunde Wurzelhaut hervorgerufen und durch ein an Zementkörperchen armes Zement repariert wurden. Ferner kann aus den Präparaten ersehen werden, daß die Knochenresorptionen die am Zahn entstandenen Abbauvorgänge an Ausdehnung übertreffen und früher als sie in Erscheinung treten. Ebenfalls setzte die Reparation der Knochenschäden früher ein und ging schneller vor sich. Zu der Frage zur Verhütung von Zahnresorptionen wäre zu bemerken, daß bei schwachen, intermittierend wirkenden Kräften bei diesen Versuchen keine Zahnresorptionen festgestellt werden können.

Zum Schluß ist es mir eine angenehme Pflicht, Herrn Privatdozent Dr. Dr. A. Bichlmayr für die Überlassung des Themas sowie für seine freundliche, mir jederzeit gewährte Unterstützung meinen verbindlichsten Dank auszusprechen.

LITERATUR.

1. *Bichlmayr:* Über Orthodontie und Gewebsvorgänge mit experimentellen Untersuchungen am Tier (1932).
2. *Euler-Meier:* Pathohistologie der Zähne.
3. *Fischer:* Die Biologie des peridontalen Raumes (Deutsche Zahnheilkunde, 1933, H. 87).
4. *Gottlieb-Orban:* Die Veränderungen der Gewebe bei übermäßiger Beanspruchung der Zähne.
5. *Gubrich:* Veränderungen an orthodontisch bewegten Zähnen (Korresp.bl. d. Zahnärzte, 1930, H. 4).
6. *Häupl:* Über Funktionsstörungen im Paradentium mit besonderer Berücksichtigung der Zahnlockerung.
7. *Häupl-Kjennerud:* Kronen- und Brückenarbeiten.
8. *Kogura-Yamada-Tumoda:* Über die an menschlichen Zähnen angewandten Regulierungskräfte im Zusammenhang mit ihren patho-histologischen Veränderungen (Fortschr. d. Orth., 1933).
9. *Korkhaus:* Moderne orthodontische Therapie.
10. *Kron, Robert:* Umbauvorgänge im paradentalen Gewebe bei Zahnbewegungen (Frankfurt, Med. Diss., 1932).
11. *Löser, Hans:* Über das Reaktionsvermögen des Periodontiums (Leipzig, Med. Diss., 1933).
12. *Oppenheim:* Krise in der Orthodontie (Z. f. Stomatologie, 1933, H. 7, 8 und 11).
13. — Verbürgt die Verwendung kontinuierlich wirkender Kräfte den optimalsten biologischen und klinischen Erfolg? (Z. f. Stomatologie, 1933, H. 11).
14. *Schmidt:* Starke und schwache Kräfte in der Orthodontie (Kiel, Med. Diss., 1934).
15. *Schwarz:* Gewebsveränderungen bei orthodontischen Maßnahmen. (Fortschr. d. Orth., 1931 und 1932).
16. — Über die Bewegung belasteter Zähne (Z. f. Stomatologie, 1928, H. 1, und 1929, H. 6). —
17. *Siegmund-Weber:* Pathologische Histologie der Mundhöhle.
18. *Walkhoff:* Die Natur der Gewebsveränderungen bei orthodontischen Maßnahmen (Deutsche Zahn-, Mund- und Kieferheilkunde, 1935).
19. *Witschel, Reinhard:* Resorptions- und Appositionsvorgänge an normalen bleibenden Zähnen (Leipzig, Med. Diss., 1932).
20. *Zilkens:* Pathologische Histologie der Zähne (Fortschr. d. Z., 1927, Bd. 3, Teil 1, S. 284—301).

LEBENSLAUF.

Als Sohn des Kaufmannes Emil Eggers und seiner Ehefrau Magda, geb. Jöhnck, wurde ich am 15. September 1913 zu Kiel geboren. Im Februar 1932 bestand ich an der Hebbel-Schule meiner Geburtsstadt die Reifeprüfung und widmete mich dem Studium der Zahnheilkunde an der Christian-Albrecht-Universität zu Kiel, wo ich nach dem Sommersemester 1933 das Vorexamen ablegte. Nach fünfsemestrigem Studium verließ ich Kiel und ging nach Hamburg. Dort erwarb ich am 22. November 1935 meine zahnärztliche Approbation.

Werner Eggers.